

FONDAMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

16 Giugno 2016 – Tempo a disposizione: 2 h – Risultato: 32/32 punti

Esercizio 1 (6 punti)

Si modellino le seguenti frasi (si noti che il dominio contiene solo entità e si utilizzi un predicato binario di nome *uguale*).

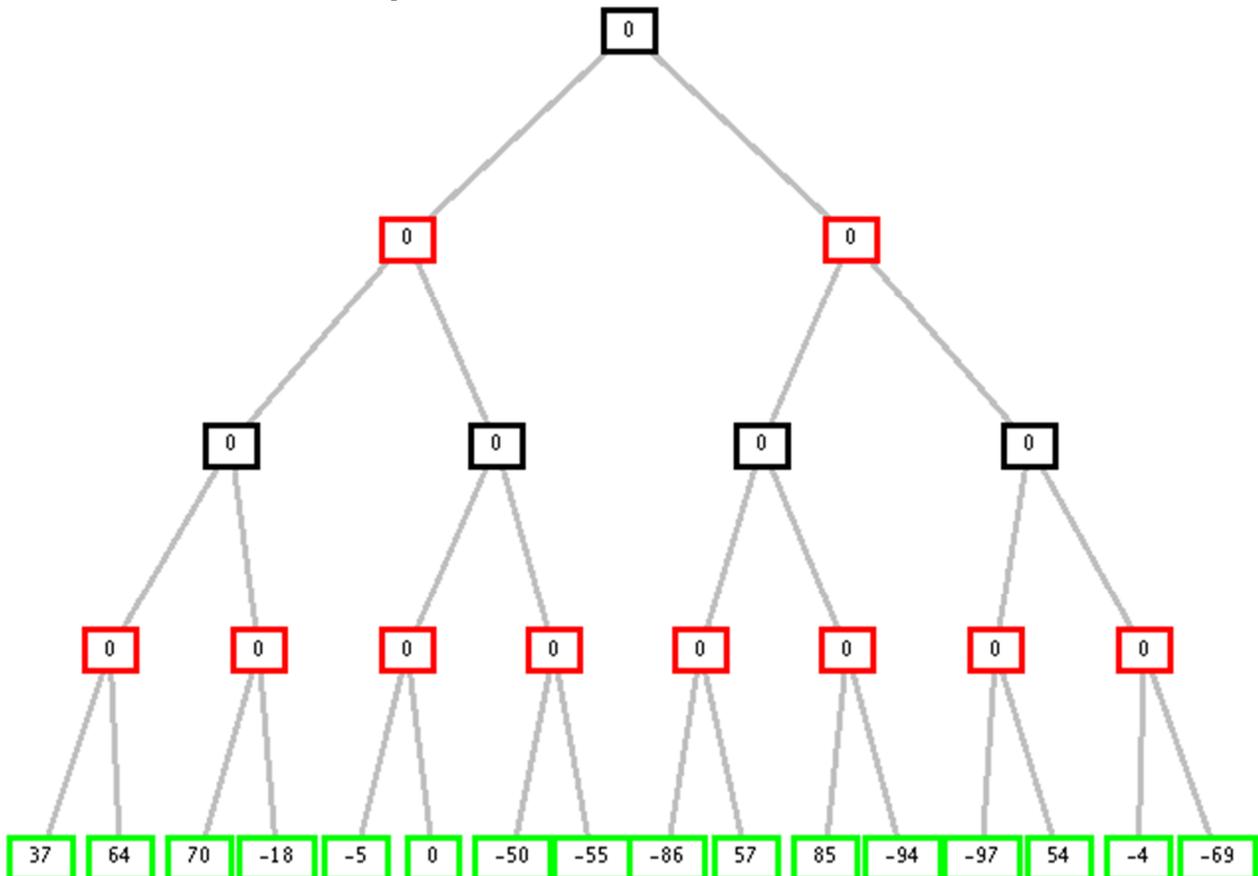
- Ogni entità è uguale a sé stessa.
- Per ogni entità vale la proprietà simmetrica dell'uguaglianza.
- Per ogni entità vale la proprietà transitiva dell'uguaglianza.

Si dimostri per refutazione mediante risoluzione la seguente affermazione:

“Per qualunque entità, se X è uguale ad Y e Y non è uguale a Z allora X non è uguale a Z.”

Esercizio 2 (4 punti)

Si consideri il seguente albero di gioco in cui la valutazione dei nodi terminali è dal punto di vista del primo giocatore (*MAX*). Si mostri come l'algoritmo *min-max* e l'algoritmo *alfa-beta* risolvono il problema e la mossa selezionata dal giocatore.



Esercizio 3 (5 punti)

Si scriva un predicato Prolog `list_int(M, N, L)` che genera la lista L di tutti i numeri compresi fra M e N. Se $M > N$ genera la lista vuota.

Ad esempio:

```
?- list_int(3, 5, L).  
L= [3, 4, 5]
```

Esercizio 4 (5 punti)

Si consideri il seguente programma Prolog:

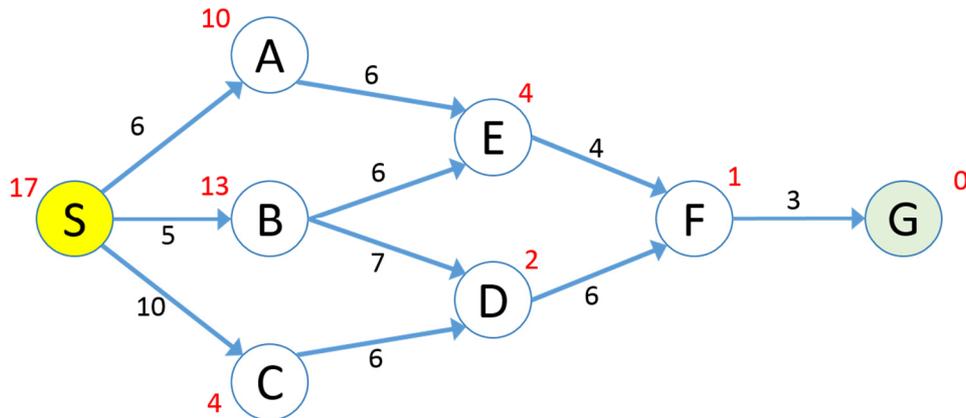
```
diff(X, []).  
diff(X, [H|T]) :- not(uguali(X,H)), diff(X, T).  
uguali(X,X).  
uguali(X, p(Y)) :- uguali(X,Y).  
uguali(p(X), Y) :- uguali(X,Y).
```

Si mostri l'albero di derivazione SLDNF relativo alla query

?- diff(p(1), [p(2)]).

Esercizio 5 (5 punti)

Sia dato il seguente grafo, dove S è lo stato iniziale, G lo stato goal, ogni arco è orientato (può essere percorso solo nel senso indicato dalla freccia), è etichettato con il costo per percorrerlo, e ciascun nodo è etichettato dal valore della funzione euristica che stima la sua distanza rispetto a G.



Mostrare i passi con cui la ricerca A* individua il cammino (ottimo) che porta da S a G. Mostrare lo sviluppo dell'albero di ricerca, indicando con numeri tra parentesi l'ordine con cui i nodi sono espansi. A parità di funzione di valutazione, si esplorino i nodi in ordine alfabetico.

Esercizio 6 (5 punti)

Sia dato il seguente problema di soddisfacimento di vincoli:

$X_1: D_1 = \{ \alpha, \beta, \gamma \}$

$X_2: D_2 = \{ 1, 2, 3 \}$

$X_3: D_3 = \{ a, b, c \}$

$C_1(X_1, X_2) = \{ \langle \alpha, 2 \rangle, \langle \alpha, 3 \rangle, \langle \beta, 1 \rangle, \langle \beta, 2 \rangle, \langle \beta, 3 \rangle, \langle \gamma, 1 \rangle \}$

$C_2(X_1, X_3) = \{ \langle \alpha, a \rangle, \langle \alpha, b \rangle, \langle \beta, c \rangle, \langle \gamma, c \rangle \}$

$C_3(X_2, X_3) = \{ \langle 1, b \rangle, \langle 3, c \rangle \}$

dove i vincoli C_1, C_2, C_3 esprimono le coppie di valori compatibili (ad es., considerando C_1 , se a X_1 viene assegnato il valore α , allora a X_2 possono essere assegnati solo i valori 2 e 3).

Risolverlo tramite *backtracking* utilizzando la **verifica in avanti** (*forward checking*) e l'euristica **MRV** (a parità di altro si preferisca l'assegnamento delle variabili secondo l'ordine con cui sono date). Riportare l'albero di ricerca generato dal *backtracking* indicando per ogni nodo: gli assegnamenti fatti, la variabile scelta per il prossimo assegnamento e i domini delle variabili. Riportare, infine, la soluzione trovata.

Esercizio 7 (2 punti)

L'interprete Prolog è un risolutore corretto e completo per la logica a clausole definite? Motivare adeguatamente la risposta.

FONDAMENTI DI INTELLIGENZA ARTIFICIALE

16 Giugno 2016 – Soluzioni

Esercizio 1

I. $\forall X(\text{uguale}(X,X))$

II. $\forall X,Y(\text{uguale}(X,Y) \Rightarrow \text{uguale}(Y,X))$

III. $\forall X,Y,Z(\text{uguale}(X,Y) \wedge \text{uguale}(Y,Z) \Rightarrow \text{uguale}(X,Z))$

A partire da I. II. e III. si dimostra nel seguito, tramite refutazione per risoluzione, la seguente formula: $\forall X,Y,Z(\text{uguale}(X,Y) \wedge \neg \text{uguale}(Y,Z) \Rightarrow \neg \text{uguale}(X,Z))$

Le clausole corrispondenti alle formule date ed alla negazione della formula da dimostrare sono le seguenti ("a", "b" e "c" sono costanti di Skolem):

- 1) $\text{uguale}(X,X)$
- 2) $\text{uguale}(Y,X) \vee \neg \text{uguale}(X,Y)$
- 3) $\text{uguale}(X,Z) \vee \neg \text{uguale}(X,Y) \vee \neg \text{uguale}(Y,Z)$
- 4) $\text{uguale}(a,b)$
- 5) $\neg \text{uguale}(b,c)$
- 6) $\text{uguale}(a,c)$

Da esse si può ottenere la clausola vuota ad esempio nel seguente modo:

7: 2+4: $\text{uguale}(b,a)$ (sostituzione $\{X/a, Y/b\}$)

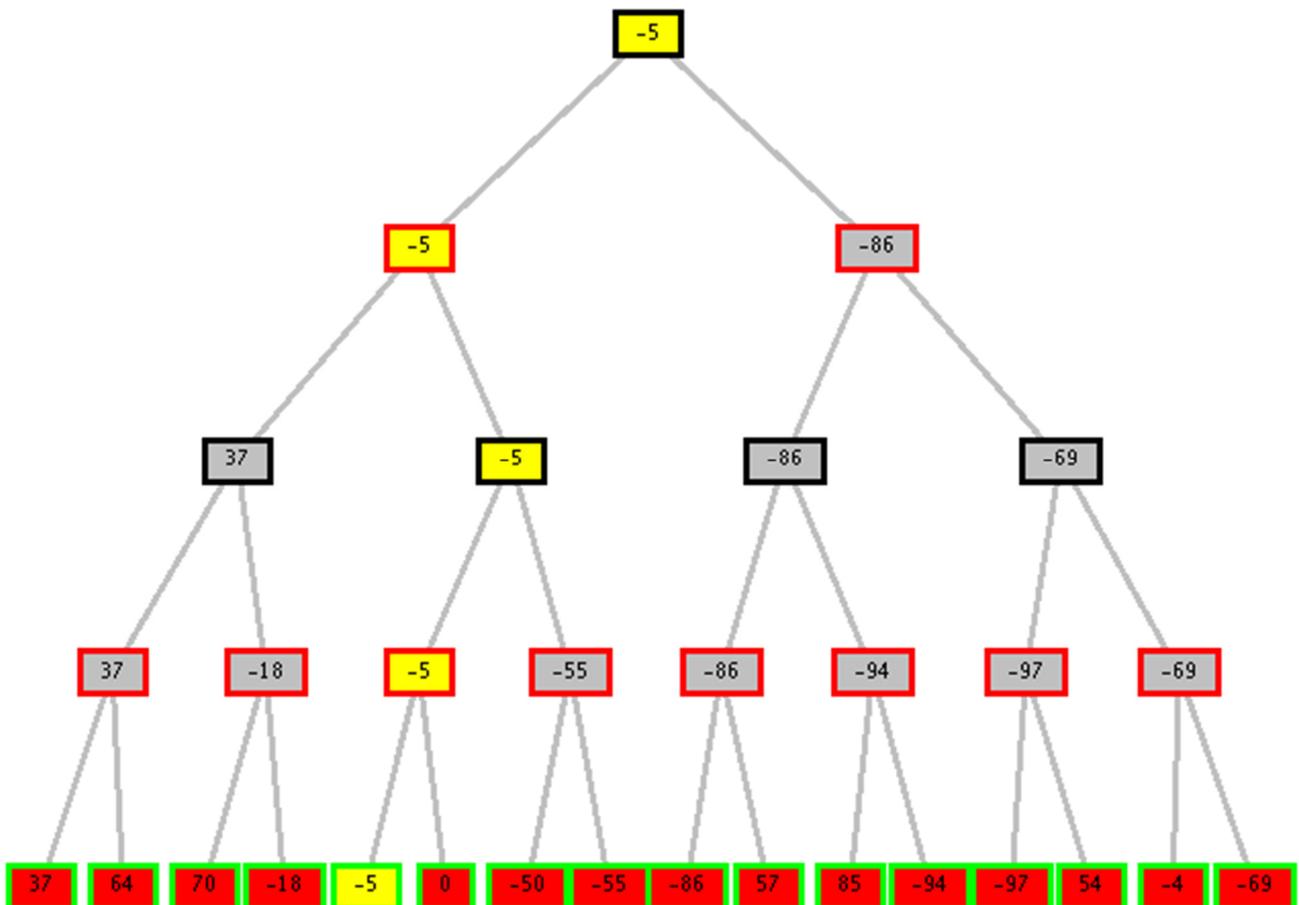
8: 7+3: $\neg \text{uguale}(a,Z) \vee \text{uguale}(b,Z)$ (sostituzione $\{X/b, Y/a\}$)

9: 8+6: $\text{uguale}(b,c)$ (sostituzione $\{Z/c\}$)

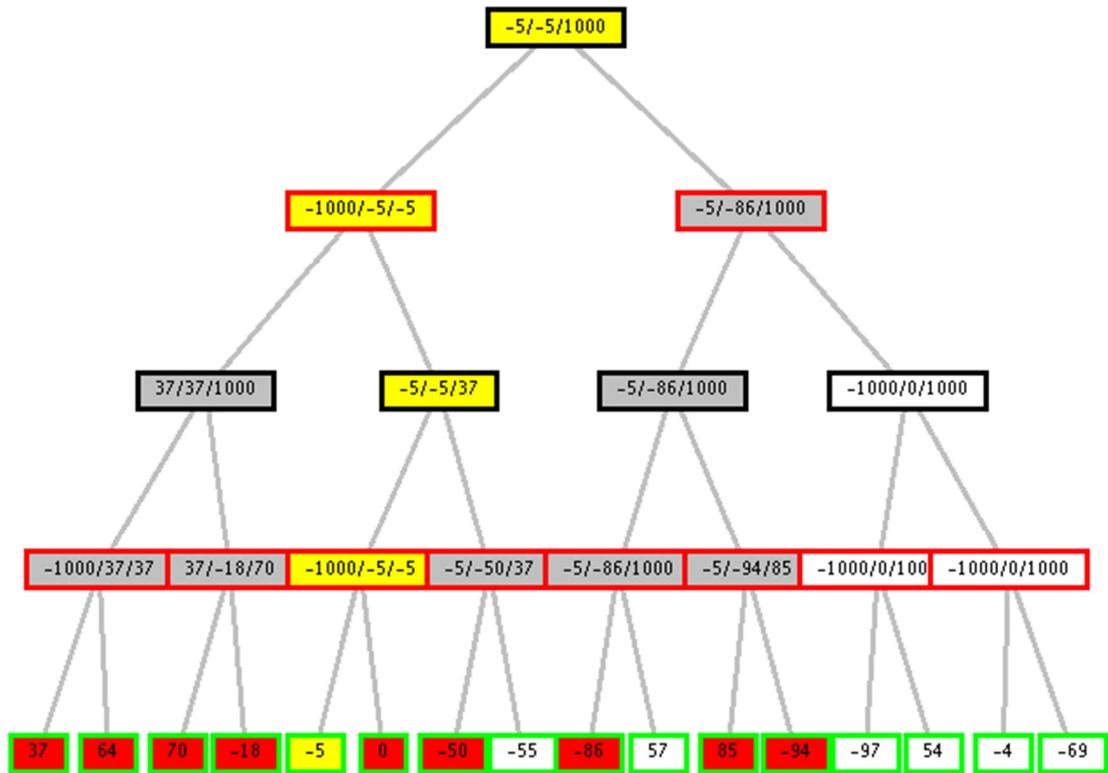
10: 9+5: $\{\}$

Esercizio 2

Min-Max:



Alfa-beta:



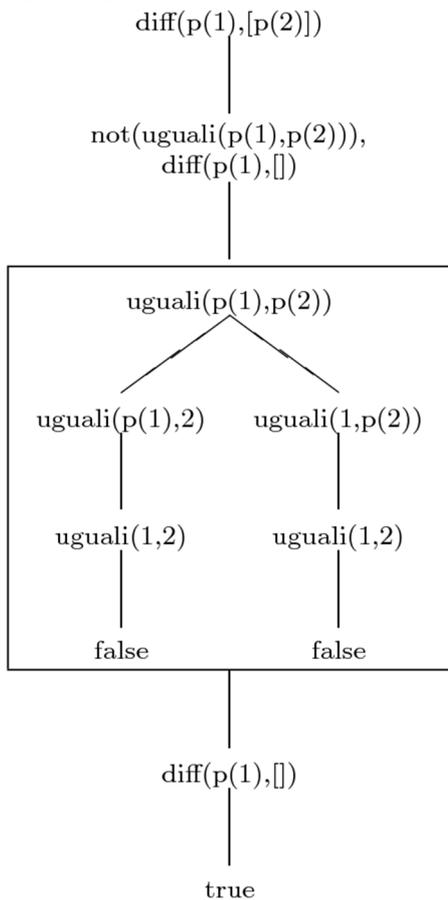
I nodi che portano alla soluzione sono in giallo, quelli tagliati in bianco.

Esercizio 3

`list_int(M,N, []) :- M > N.`

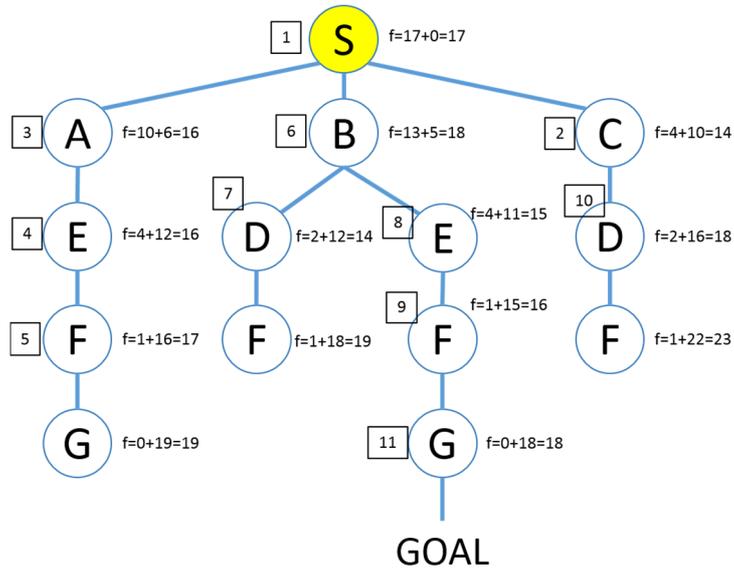
`list_int(M,N, [M|Tail]) :- M <= N, M1 is M+1, list_int(M1,N,Tail).`

Esercizio 4

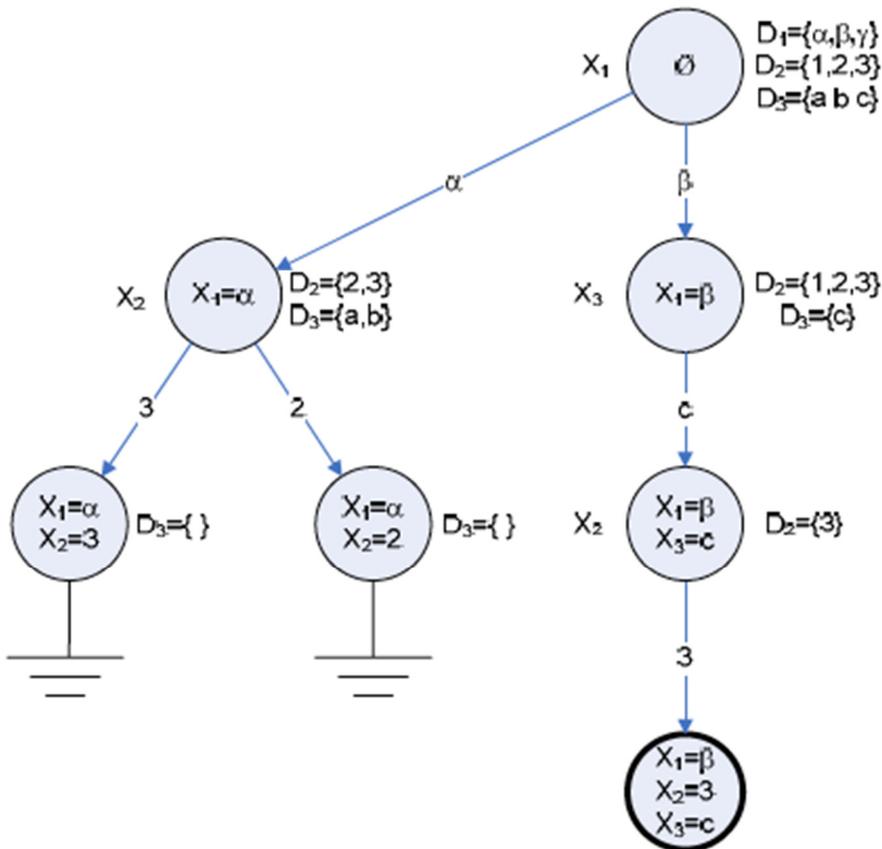


Esercizio 5

Soluzione mediante A* e tree-search con ri-generazione di eventuali nodi ripetuti.
Soluzione ottima SBEFG



Esercizio 6



La soluzione è quindi: $X_1 = \beta, X_2 = 3, X_3 = c$.

Esercizio 7

Vedi slide.